

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-5063

⑬ Int. Cl.⁵G 03 F 7/20
H 01 L 21/027

識別記号

庁内整理番号

6906-2H

⑭ 公開 平成2年(1990)1月9日

7376-5F

H 01 L 21/30

3 0 1 G

7376-5F

3 1 1 S

7376-5F

3 3 1 S

審査請求 未請求 請求項の数 19 (全8頁)

⑮ 発明の名称 露光制御装置

⑯ 特 願 平1-38513

⑰ 出 願 平1(1989)2月20日

優先権主張 ⑱ 1988年2月19日 ⑲ 米国(US) ⑳ 157755

㉑ 発 明 者 デイビッド・エイチ・アメリカ合衆国コネチカット・ノーウオーク・オークウツ
トレイシイ ド・アヴェニュー 59

㉒ 出 願 人 ザ・パーキン・エルマ アメリカ合衆国コネチカット・ノーウオーク・メイン・ア
ー・コーポレイション ヴェニュー 761

㉓ 代 理 人 弁理士 矢野 敏雄

明 細 書

1 発明の名称

露光制御装置

2 特許請求の範囲

1. パルス化された光の源と、

前記パルス化された光の源によつて発せられる光を可変的に減衰させるために、前記パルス化された光の源と露光されるべき装置との間に設けられた可変減衰装置と、減衰された光パルスの露光量をモニターするために、前記可変減衰装置と露光されるべき装置との間に設けられた露光量モニター装置と、

前記パルス化された光の源によつて発せられる光の減衰量を前記可変減衰装置によつて制御し、それによつて前記パルス化された光の源からの光のパルスの最少化を達しながら露光が正確に制御されるように、前記露光量モニター装置、前記可変減衰装置、および前記パルス化された光の源に配設された制御装置とを有することを特徴とする露光制御装置。

2. 前記パルス化された光の源がX線源であるような、特許請求の範囲第1項記載の露光制御装置。

3. 前記パルス化された光の源がプラズマ暗体XUV源であるような、特許請求の範囲第1項記載の露光制御装置。

4. 前記パルス化された光の源がレーザーであるような、特許請求の範囲第1項記載の露光制御装置。

5. 前記レーザーがエキシマレーザーであるような、特許請求の範囲第4項記載の露光制御装置。

6. 前記レーザーが自由電子レーザーであるような、特許請求の範囲第4項記載の露光制御装置。

7. 前記レーザーが周波数で倍型レーザーであるような、特許請求の範囲第4項記載の露光制御装置。

8. 前記可変減衰装置は、大減衰量から小減衰量までの可動形連続減衰勾配範囲を有してい

るような、特許請求の範囲第1項記載の露光制御装置。

9. 前記可変減衰装置は、

ホイールと、

前記ホイール上に現状に、前もつて決められた距離だけ離されて設けられた複数の個別減衰器と、

前記ホイールを回転させるための装置と、そして、前記ホイールの角度位置を検出するための装置とを含むような、特許請求の範囲第1項記載の露光制御装置。

10. 前記複数の減衰器のそれぞれが、異なる減衰量を持つような、特許請求の範囲第9項記載の露光制御装置。

11. 前記複数の減衰器のそれぞれが、減衰量において対数ステップで異なっているような、特許請求の範囲第10項記載の露光制御装置。

12. 前記複数の減衰器が、非減衰部分によつてグループに分けられているような、特許請求の範囲第9項記載の露光制御装置。

(3)

特許請求の範囲第16項記載の露光制御装置。

18. 前記制御装置がさらに、前記パルス化された光の源によつて発せられた、減衰された光パルスの累積露光量を維持するために、前記露光量モニター装置に配属された累積量装置と、

前もつて決められた露光許容値内に収まるように、次の露光量に関して必要とされる減衰量を計算するために、前記累積量装置に配属された露光量計算装置と、

前記露光量計算装置によつて計算された減衰の程度に最も接近するよう、前記可変減衰装置から減衰量を選択するための選択装置と、前記パルス化された光の源によつて発せられた光の通路内に、前記可変減衰装置から選択された減衰量を移動させるために、前記可変減衰装置および前記選択装置に配属されている減衰移動装置と、

そして、前記パルス化された光の源からの光のパルスを可制御的に刺激(誘導放出)する

(5)

13. 前記グループのそれぞれが同じであるような、特許請求の範囲第12項記載の露光制御装置。

14. 前記露光量モニター装置は、

ビームスプリッターと、

ビーム検出器とを有しているような、特許請求の範囲第1項記載の露光制御装置。

15. さらに、前記パルス化された光の源によつて発せられる光の通路中に位置決めされた固定減衰器を有するような、特許請求の範囲第1項記載の露光制御装置。

16. 前記制御装置がさらに、減衰させられた後の、前記パルス化された光の源によつて供給された累積露光量を決めるための装置を有しているような、特許請求の範囲第1項記載の露光制御装置。

17. 前記制御装置がさらに、前記パルス化された光の源の最新の性能を基にした、パルス化された光の源のエネルギー分配関数を繰り返して計算するための装置を有しているような、

(4)

ためのパルス刺激(誘導放出)装置とを有しているような、特許請求の範囲第1項記載の露光制御装置。

19. 写真平版(フォトリソグラフィ)において用いられる露光制御装置において、

各パルスにおける露光量の変動する、光の多重露光量を発することができ、パルス化されたレーザー光源と、

円周部分に沿つて等間隔に設けられた複数の開口であつて、それら開口は前記パルス化されたレーザー光源から発せられた光の通路内に位置決めされることのできる開口、を持つホイールと、それぞれが多重露光量を異なる量だけ減衰させることができる複数の減衰器であつて、前記複数の減衰器のそれぞれは、前記複数の開口の各々に備えられる減衰器と、前記ホイールを回転させるためのモーターと、前記ホイールの角度位置を検出するためのセンサー装置と、減衰された後の多重露光量の通路内に位置決められたビームスプリッター

(6)

と、

前記ビームスプリッターによつて供給された多重露光量の部分の通路内に位置決めされた検出器と、

減衰された多重露光量によつて生ずる累積露光量を測定するために前記検出器に結合した累積量装置と、

前記パルス化されたレーザー光源によつて発せられた、以前の露光量の数のパルスエネルギー分配を蓄積するための蓄積装置と、

前もつて決められた露光許容値内に収まるように次の露光量のために必要な減衰量を計算するために、前記累積量装置および前記蓄積装置に配属された露光量計算装置と、

前記露光量計算装置によつて計算された減衰の程度に最も接近している、前記複数の減衰器から1つの減衰器を選択するための選択装置と、

前記パルス化されたレーザー光源から発せられた光の通路内に減衰器を位置決めするため

(7)

ス間のエネルギー変動を有している。このパルスごとの変動は正確な露光を離しいものとしている。

発光毎の平均エネルギーはその都度、そして別の要因によつて変動するため、パルス化された源は付加的にやつかいなものとなつている。これは正確な露光を維持することを難しくしている。加えて、正確な露光は、既に不正確な露光に寄与している多数回の発光を必要としない。こうして、パルス化された光源を使う時には、正確な露光を維持することには多くの問題が存在している。

露光量を制御するために用いられる普通の技術は、光感応表面の露光に必要な、ショット回数または光パルスの数を増加させることである。多数のショットを用いれば、各ショットの変動を、適当な露光を維持するのに限界的でないように見做すことができる。しかし、発光回数の増加は露光に要する時間を増加させ、また、多くの場合にパルス化された光源をかなり減衰さ

(9)

け、前記選択装置および前記モーターに配属されているモーター制御装置と、

そして、前記パルス化されたレーザー光源からの光のパルスを刺激するためのレーザーショット刺激（誘導放出）装置とを有することを特徴とする露光制御装置。

3 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は、全体的には写真平版（フォトリソグラフィ）における正確な露光制御に関するものであり、さらに特定化するならば、雑音の多いパルス光源が用いられる時の露光制御を最適化することに関するものである。

従来技術

写真平版（フォトリソグラフィ）は、プリント-非プリント表面上にプリントするために写真によつて作成された像を用いる石版（リトグラフィ）技術である。この技術にはパルス化された光源が光感応表面を露光するのに用いられる。標準的には、パルス化された光源はパル

(8)

せることが必要となつている。露光のために必要なショット回数の増加は、露光を許容限界内に制御することはできるが、しかし極めて非能率的なことである。

パルス化された光源の平均パルスエネルギーを制御して、その光量が露光のために必要な光量の正確な約数ないし分数（何分の1）の値（Submultiple）となるような試みもされた。この技術は、少ノイズの、またはパルス間エネルギー変動が小さい、パルス化されたエネルギー源を必要とする。少ノイズのパルス化された光源を用いたとしても、合理的な程度の正確な露光を得るために要するショット回数はまだ多く必要である。

前述の技術は、写真平版におけるパルス化された光源の使用を大幅に増加させ、そしてまた露光を実現するのに、いくらかの制御が可能とはなつたが、それらは非能率的な装置であることを明らかにしてきた。納得できる正確な露光を得るためには、時間がかかり、そして普通、

ショットの回数で測られる、パルス源の寿命を短縮させる。

発明の目的

本発明の目的ないし課題とするところは上述の従来技術の欠点を除去することにある、それで、最少のショット回数による正確な露光を提供することにある。

ノイズのある光パルス源をも許容する露光装置を提供することが本発明の別の目的である。

過露光の可能性を最小にして、光パルス当りの最大寄与を提供、実現することが本発明のさらに別の目的である。

発明の構成

本発明は、パルス化された光源を用いる写真平版装置において正確に制御された露光を実施するための装置に関するものである。パルス化された光源は標準的にはパルス化されたレーザーである。このパルス化された光は、露光されるべき装置が照射される以前に光パルスを制御的に減衰させる可変アッテネーターを通過する。

00

シャッターのタイミングによつて制御されることが本発明の別の特徴点である。

それらの、そして別の目的、利点および特長は以下のさらに詳細な説明によつて明らかとなるであろう。

実施例

第1図は本発明を図示したものである。第1図から知られるように、パルス化された光の源10は、必要とされる時に光のパルスまたはショットを発光する。パルス化された光の源10は標準的には、エキシマ形、周波数倍形またはフリーエレクトロン形のレーザーのような、レーザーである。光源はプラズマ暗体XUXまたはX線源であつてもよい。光のパルスは次に可変アッテネーター20を通過する。可変アッテネーター20は、光のパルスまたはショットを予示的に減衰させることができる、どのような型の材料であつてもよい。例えば、音-光およびポツケルセル素子、可変スペースのフアブリケーターのエタロン、部分的に伝達するメツ

03

光パルスの1部は、その影響を決めるために露光量モニターによつて測定される。可変アッテネーターとパルス化された光源に接続されている制御器は、露光量モニターからの情報を用いて、望ましい露光の実施のために必要となる最小減衰量を決定する。制御器は、最小のショット回数で正確な露光を与えるのに必要な減衰量の総量を決定するのに、光源のパルス間変動を配慮することができる。

パルス光源が長寿命となることが本発明の利点である。

光源を制御するのに、簡単な電源を利用することができるのが、本発明の別の利点である。

総露光時間が短縮され、結果として装置のスループットが向上することが本発明のさらに別の利点である。

パルス化された光源が制御可能な形で可変できる減衰量を持つことが本発明の特徴点である。

光源が、一定の角速度を持つ、回転形アッテネーションホイールの位置に回連してディスチ

02

ュと貫通された板、部分的に伝達するまたは部分的に反射する光学コーティングまたは表面、高吸収光学材料、および移動ブレードまたはシャッターのような幾何学的装置を含む電気-光学変調器であつてもよい。誘電フィルムのような光学的コーティングの場合には、伝達率の変化は、固定された素子を交換するか、または伝達勾配を持つ、パルス化された光を横切る素子を移動させると同様、減衰器素子を上下させることによつて得ることができる。これらすべての場合に、段階的な減衰量制御、または連続的な可変制御のいずれもが可能である。段階的減衰は、減衰の個別インターバルによつてアッテネーター20の部分を変化させることによつて得られる。これら個別の減衰インターバルは、等間隔にも、対数的にも、あるいは特定用途に適合するあらゆる量とすることも可能である。

光パルスが可変アッテネーター20を通過すると、光パルスは露光量モニター30に入る。露光量モニター30は必要以上の光パルスの伝

04

過を減衰させることはない。露光量モニター30は可変アツテネーター20を出て露光装置40に渡される量を検出する。露光装置40に伝達される量を表わす値は、露光量モニター30によつて制御器50に伝えられる。

露光装置40は一般的な現象のためのフォトレジストコートされた基板上のマスクまたはレチクルの像の転写、または直接的なフォトエッチング、フォトアブレーションまたはフォトデポジション処理の種々の変形に用いられている。露光装置によつて作られるイメージパターンの転写のような、数々のイメージ転写装置のうちの、どの1つであつてもよい。

制御器50は、パルス化された光の源10、可変アツテネーター20、および露光量モニター30と交信（情報のやりとり）する。制御器50は露光量モニター30から受けた情報を用いて、可変アツテネーター20とパルス化された光の源10との共同動作を制御して、露光装置40に渡される露光を最適化させる。基本的

09

に、可変アツテネーターを制御するためのデジタル出力、そして可変アツテネーターを制御するためのクロック（付加的に）、そして他の良く知られた回路の間でのクロックまたは発振器と共に、マイクロプロセッサ（インテル80286のような）を含むことができる。

制御器は種々の機能を実行するために構成される、またはプログラムされることのできるIBM PCATマイクロコンピュータのような、マイクロコンピュータの形をとることもできる。内蔵しているか、または簡単に作り出すことのできるソフトウェアおよびハードウェアを用いて、この方法で実行することのできる機能は以下の通りであるが、しかしこれらは本発明を限定してしまふものではない；すなわち、光源の多くのショットを平均して、種々の素子を通つて伝達された平均エネルギーを比較することによつて各減衰素子の減衰程度を校正し、そして蓄積し；連続的なベース上で光源（およびそのパルスエ

10

には、制御器は可変アツテネーター20で利用できる最小の減衰量、しかも露光量が許容値を超えることによつて過露光の結果とならない可能性の高い減衰量、を選択するのである。制御器50は、現在条件下におけるパルス化された光の源の、実際の減衰されていないパルスエネルギー分配をも考慮に入れる。これは、露光量モニター30によつて受け取られた情報から制御器50によつて連続的にモニターされることが可能である。

制御器50は種々の良く知られた回路によつて構成することができる。例えば、制御器50は、数値プロセッサ（インテル80287のような）、プログラムメモリー、データメモリー、パルスエネルギーモニター30からのデータの入力のためのアナログ-デジタルコンバーター（アナログデバイス774 12ビットADCのような）、可変アツテネーター20の位置をモニターするためのデジタル入力、パルス源10を作動させるための、そして（付加的

11

エネルギー分配関数）のパルスエネルギー出力を測定し、更新して、それらを蓄積し；

望ましい露光量、アツテネーター校正、および蓄積されているパルスエネルギー分配関数データに基づき露光シーケンスを計画し；

パルス化された源の各ショットによつて露光装置に実際に渡された露光エネルギーを測定し；

露光シーケンスの引き続く各ショットの累積露光実施を計算して、蓄積し；

累積値と、望ましい合計露光量とを比較し；

露光シーケンスにおける次の光源に対する望ましい減衰量を選択し；

適切な減衰量を調節または選択するために、モニターまたは別の装置を制御し；

望ましい減衰量を得るために、パルス化された源を作用させる正確な時間を決め、そして望ましい時間（センサー28からのアツテネーターインデックス情報を配慮して）作用命令を発し；そして、仕様化された（特定）許容範囲内で、累積露光がターゲット露光に達した時に最終的

12

に露光シーケンスを終了させる。

露光許容値を維持しながら、本発明がどのようにショット回数を減らすかの簡単な例を以下に考慮する。パルス化された光源は、減衰されていない平均発光量 f で動作し、装置に関する望ましい露光量は、 f よりもいくらか大きい値である。パルス化された光源はノイズが多く、そしてパルス間のエネルギー変動は高く $1.1f$ であり、また低く $0.9f$ である。制御器 50 は、露光量モニター 30 が累積露光をモニターしている間に、減衰されていないショットまたはパルスを供給し始める。次に制御器 50 は、残りの露光量が $1.1f$ よりも少なくなつた時にパルス化された光の源 10 の作動を停止させる。さらに、制御器 50 は可変アツテネーターを位置決めして、パルス化された光の源 10 がパルスを供給する前に、それが残りの露光によつて分割された $1.1f$ の伝送値を持つようにさせる。露光実施モニター 30 は最終のパルスに関する情報を制御器 50 に送る。新しい、残りの露光

量が計算されて、そして制御器 50 がパルス化された光の源 10 に、別のパルスを供給するよう命ずる前に新しい、残りの露光量で分割された $1.1f$ の値に再び調節される。このシーケンスは、総露光量が仕様化された許容範囲内に入るまで繰り返される。この実施例では、プラスまたはマイナス 0.5 分の許容値は、望まれた、引き続くいかなる非減衰露光のほとんど 3 回の減衰されたショットによつて得ることができる。各付加的ショットは、強さの程度によつて露光精度を改善させることができる。前述の例は、連続的な可変アツテネーターが用いられることを前提としていたが、段階的なアツテネーターが用いられるならば、同じ露光精度に達するためにはいくらか多めのショットまたはパルスの数が必要とされる。

第 2 図においては、本発明の別の実施例が図示されている。第 2 図では、可変アツテネーター 20 は、モーター 24 に取付けられたホイール 22 を有している。モーター 24 はホイール

09

22 を、個別のアツテネーター 29 がパルス化された光の源 10 によつて発生された光パルスの路中に選択的に位置取らせることができる。ホール 26 はホイール 22 の周辺位置に沿つて設けられ、センサー 28 がその位置を検出できるようになっている。センサー 28 は、光発散器-検出器対のような、ホール 26 の位置を検出することができる、あらゆる型式のセンサーであることが可能である。次にセンサー 28 は、ホイール 22 の角度位置を制御器 50 に伝える。すると制御器 50 は、選択されたアツテネーター 29 の 1 つが光パルスの路中に位置した時に、パルス化された光の源に、パルスを発生させる。

第 2 図ではまた、露光量モニター 30 を見ることができる。露光量モニター 30 は、ビームスプリッター 32 と検出器 34 を有している。ビームスプリッター 32 は光パルスの小部分を検出器 34 の方向に向け、その特定の光パルスのエネルギーまたは露光量を計量させる。理想的には、露光量モニター 30 は露光装置 40 に

00

供給される露光量に影響を与えることはない。どんな場合でも、エネルギー量モニターが露光装置 40 に供給される露光量に与えた小さな影響は、制御器 50 において補償することができる。

固定されたアツテネーター 60 もまた、第 2 図に示されており、これはパルス化された光の源 10 が、露光装置 40 によつて必要とされるよりも大きな露光量を持つ光のパルスを発する時に用いられる。アツテネーター 60 によつて、発せられた光パルスの路において、望ましい露光量を得るのに多数の光パルスが必要となる程度にまで、露光量が減衰される。アツテネーターホイール 20 は次に、最小のショット数で望ましい露光許容値を得ることができるよう、位置決めされる。

第 3 図は、第 2 図で示された多数の個別段階アツテネーターホイール 22 に代替することのできるホイールアツテネーターの型式を図示したものである。第 3 図に示した連続形アツテネ

01

02

ター70は、部分72における高減衰から、円周に沿って時計方向に減衰量が連続的に減少して、部分74における低減衰までの範囲を有している。この連続的な可変伝達アッテネーターは、伝達されるビームまたは光パルスを横切る、どのような空間的な伝達勾配も、照度が一樣な光学機器の光学設計によつて許容されている時に用いられる。この連続的な可変伝達アッテネーターは、多層薄フィルムコーティングとして製造することができる。

第4図は、第2図に示したホイール22の代わりに用いることのできる別のアッテネーターホイールを示した図である。第4図は多サイクルホイール80を描いている。このホイールは、それぞれ3つのアッテネーターを持つ2つの減衰サイクルを有している。アッテネーター82は最小減衰量を有している。アッテネーター84はアッテネーター82よりも大きな減衰程度を持ち、そしてアッテネーター86は最大減衰量を持つている。無減衰部分88は減衰ホイール80上の減衰サイクルと離れていて、そして光パルスを減衰させることはない。ホイール80における多サイクルは、過度の制限のないレーザー発光の周期速度で用いられる。ホイール80は、ホイール80の1回転の間に少なくとも2回の発光をレーザーに許すことができる。どのような数の多減衰サイクルも、各サイクルに関してどのような数のアッテネーターと共に用いることができることは、理解されるであろう。第3図および第4図におけるホイール26は、ホイールの角度位置を決めるのに用いられる。

第3図および第4図のホイールアッテネーターが遮光の程度を変化させて描かれてはいても、この遮光は用いられている特定周波数における光パルスの減衰の程度を喪失するものであつて、可視スペクトルで観察した時の表現ではない。

望ましい実施例が描かれ、別の実施例と共に説明されたが、当業技術者にとっては本発明の精神と範囲から離れることなく種々の変形が可能であることは明らかであろう。

望ましい実施例が描かれ、別の実施例と共に説明されたが、当業技術者にとっては本発明の精神と範囲から離れることなく種々の変形が可能であることは明らかであろう。

24

24

発明の効果

本発明は最少のショット回数によつて正確な露光を提供できるという効果を奏する。

4 図面の簡単な説明

第1図は本発明を示すブロック図であり、第2図は本発明の実施例の絵面的な説明図であり、第3図は本発明の1つの実施例に用いられる減衰ホイールの正面からの立面図であり、第4図は本発明の別の実施例に用いられる別の減衰ホイールの正面からの立面図である。

10…パルス化された光源、20…可変減衰器、22…ホイール、24…モーター、26…ホール、28…センサー、29…減衰器、30…露光量モニター、32…スプリッター、34…検出器、40…露光装置、50…制御器、60…固定減衰器、70…減衰器、72、74…減衰器部分、80…ホイール、82～86…減衰器、88…無減衰部分。

代理人 弁理士 矢野 敏 雄



24

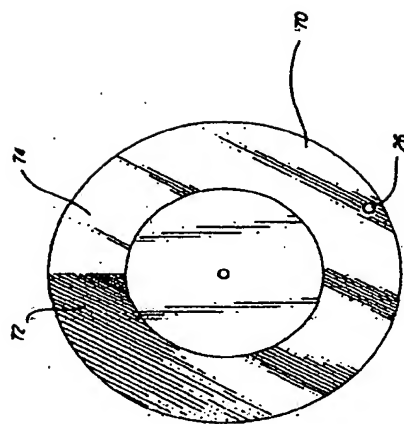


FIG. 3

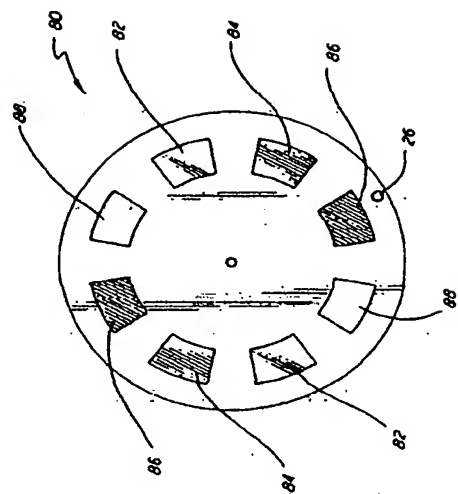


FIG. 4

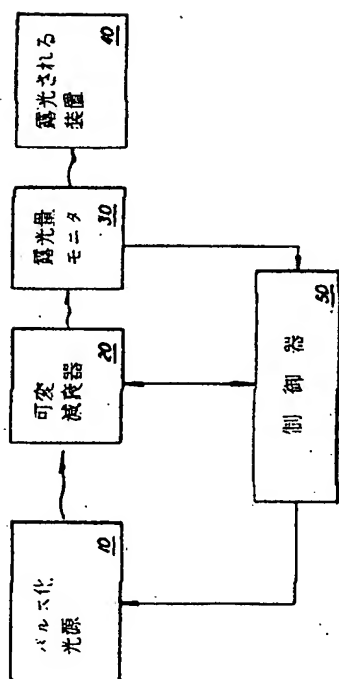


FIG. 1

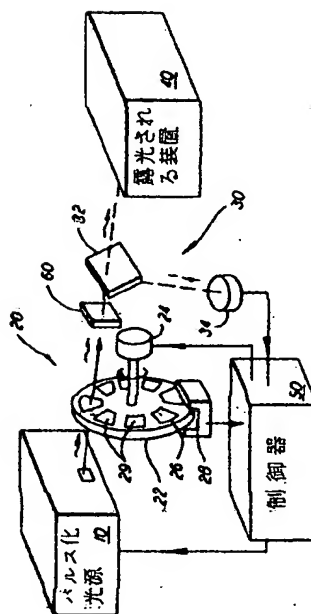


FIG. 2